

## METHOD FOR ESTIMATING REMAINING CAPACITY OF SECONDARY BATTERY

Patent Number: JP2002189066  
Publication date: 2002-07-05  
Inventor(s): TATENO KOJI; EMORI AKIHIKO; MIYAZAKI HIDEKI; KINOSHITA TAKUYA  
Applicant(s): HITACHI LTD;; SHIN KOBE ELECTRIC MACH CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2002189066  
Application Number: JP20000389979 20001222  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G01R31/36; H01M10/48  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately estimate a remaining capacity of a secondary battery using simple calculations.

**SOLUTION:** There are set a step of obtaining a temperature T (S301), a step of obtaining a time averaged value  $i_{av}$  of a current (S302), a step of obtaining a time average value  $V_{av}$  of a voltage (S303), a step of obtaining an internal impedance Z, based on the temperature T (S304), a step of calculating an open-circuit voltage OCV (S305) and a step of estimating the battery remaining capacity from the open-circuit voltage OCV (S306). The open-circuit voltage OCV is calculated with the use of the current time averaged value  $i_{av}$ , the voltage time average value  $V_{av}$  and the internal impedance Z. The battery remaining capacity SOC is determined, on the basis of the open circuit voltage OCV and the temperature T. A value, obtained by correcting the voltage time average value  $V_{av}$  by the product of the current time average value  $i_{av}$  and the internal impedance Z, is calculated as the open-circuit voltage OCV.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-189066

(P2002-189066A)

(43) 公開日 平成14年7月5日(2002.7.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
G 0 1 R 31/36		G 0 1 R 31/36	A 2 G 0 1 6
H 0 1 M 10/48		H 0 1 M 10/48	P 5 H 0 3 0

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-389979(P2000-389979)

(22) 出願日 平成12年12月22日(2000.12.22)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000001203

新神戸電機株式会社

東京都中央区日本橋本町2丁目8番7号

(72) 発明者 立野 孝治

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100099302

弁理士 笹岡 茂 (外1名)

最終頁に続く

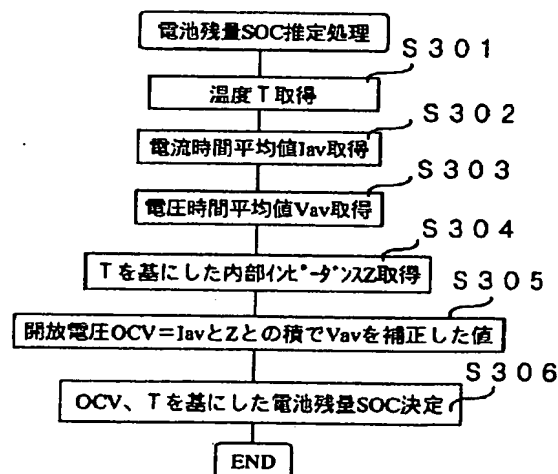
(54) 【発明の名称】 二次電池残量推定法

(57) 【要約】

【課題】 二次電池の残量を精度良く、かつ、簡易な演算により推定することにある。

【解決手段】 温度Tを取得する(ステップS301)、電流の時間平均値I<sub>av</sub>を取得する(ステップS302)、電圧の時間平均値V<sub>av</sub>を取得するステップ(S303)、温度Tを基に内部インピーダンスZを取得するステップ(S304)、開放電圧OCVを計算するステップ(S305)、開放電圧OCVから電池残量SOCを推定するステップ(S306)からなり、電流時間平均値I<sub>av</sub>、電圧時間平均値V<sub>av</sub>、内部インピーダンスZを用いて開放電圧OCVを算出する。そして、この開放電圧OCVと温度Tを基に電池残量SOCを決定する。ここでは、電圧時間平均値V<sub>av</sub>を電流時間平均値I<sub>av</sub>と内部インピーダンスZとの積で補正した値を開放電圧OCVとして算出する。

図3



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 個または複数個接続された二次電池の端子電圧を検出する第一のステップと、前記二次電池の電流を検出する第二のステップと、前記二次電池の温度を検出する第三のステップとを有し、前記第一のステップで得られた電圧を時間平均した電圧時間平均値  $V_{av}$  と、前記第二のステップで得られた電流を時間平均した電流時間平均値  $I_{av}$  と、前記第三のステップで得られた電池温度を基にした前記二次電池の内部インピーダンス  $Z$  とを求め、前記電圧時間平均値  $V_{av}$  を前記電流時間平均値  $I_{av}$  と前記内部インピーダンス  $Z$  との積を用いて補正し、これを開放電圧  $OCV$  とし、前記開放電圧  $OCV$  から前記二次電池の残量を推定することを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 2】 1 個または複数個接続された二次電池の端子電圧を検出する第一のステップと、前記二次電池の電流を検出する第二のステップと、前記二次電池の温度を検出する第三のステップとを有し、前記第一のステップで得られた電圧  $V$  と、前記第二のステップで得られた電流  $I$  と、前記第三のステップで得られた電池温度を基にした前記二次電池の内部インピーダンス  $Z$  とを用いて、前記電圧  $V$  を前記電流  $I$  と前記内部インピーダンス  $Z$  との積を用いて補正し、補正された電圧  $V$  の時間平均値を開放電圧  $OCV$  とし、前記開放電圧  $OCV$  から前記二次電池の残量を推定することを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 において、前記二次電池の残量は、前記開放電圧  $OCV$  と電池温度  $T$  を求めた後、前記開放電圧に基づいて開放電圧と電池温度と電池残量との関係を示すテーブルデータを参照して推定することを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 において、前記内部インピーダンス  $Z$  は、前記第三のステップによって得られる電池温度と前回求められている電池残量から電池温度と電池残量と内部インピーダンスとの関係を示すテーブルデータを参照して求めることを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 5】 請求項 1 または請求項 2 において、前記内部インピーダンス  $Z$  は、前記二次電池の充放電時の電流と電圧を回帰分析することにより求めることを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 6】 請求項 1 において、前記電流時間平均および電圧時間平均を行う際において、前記電流時間平均値  $I_{av}$  と前記内部インピーダンス  $Z$  との積の値に応じて平均する期間を変化させることを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 7】 請求項 1 から請求項 6 のいずれかにおいて、前記推定した二次電池の残量 1 に、他の二次電池残量推定法を用いて推定した前記二次電池の残量 2 を組み合わせ、前記二次電池の残量 1 と前記二次電池の残量 2

10

20

30

40

50

それぞれの推定残量に特定の重みを付けて算出した前記二次電池の残量 3 を新規な電池残量とすることを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 8】 請求項 7 において、前記他の二次電池残量推定法を用いて推定した前記二次電池の残量 2 は、前記二次電池の充放電電流を時間積分し、前記時間積分した値と前記二次電池の全残量との割合を計算して求めることを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 9】 請求項 7 において、前記他の二次電池残量推定法を用いて推定した前記二次電池の残量 2 は、前記二次電池の充放電時の電流と電圧を回帰分析することによって前記二次電池の開放電圧を求め、前記開放電圧を基に算出して求めることを特徴とする二次電池残量推定法。

【請求項 10】 請求項 1 から請求項 6 のいずれかにおいて、前記推定した二次電池の残量 1 に、前記二次電池の充放電電流を時間積分し、前記時間積分した値と前記二次電池の全残量との割合を計算して求めた前記二次電池の残量 2 と、前記二次電池の充放電時の電流と電圧を回帰分析することによって前記二次電池の開放電圧を求め、前記開放電圧を基に算出して求めた前記二次電池の残量 2 とをそれぞれ組み合わせ、それぞれの前記二次電池の推定残量に特定の重みを付けて算出した前記二次電池の残量 3 を新規な電池残量とすることを特徴とする二次電池残量推定法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、二次電池残量推定法に係り、特に、二次電池の開放電圧を求め、この開放電圧から二次電池残量を推定する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の二次電池残量推定法の一例が特開 2000-46922 号公報に開示されている。この二次電池残量推定法は、電池の充放電を行っている時でも電池の開放電圧を推定するために、電池の測定電圧と測定電流のデータの履歴を複数取得し、その履歴データを回帰分析することにより開放電圧を算出し、その開放電圧から電池残量を推定している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記回帰分析により開放電圧を求める方法は、データを回帰する期間内に一定以上の電流値のばらつきが必要である。一定以上の電流値のばらつきが得られないと、回帰分析することができず、分析精度が低下する。また、回帰分析は計算が複雑であり、常に実行されていると、演算処理量が飛躍的に増えることがある。

【0004】本発明の課題は、上記事情に鑑み、二次電池の残量を精度良く、かつ、簡易な演算により推定することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、測定した電圧 $V$ と電流 $I$ との単純時間平均をとり、その電圧時間平均値 $V_{av}$ と電流時間平均値 $I_{av}$ と内部インピーダンス $Z$ を用いて開放電圧を算出し、この開放電圧から二次電池残量を推定する。また、測定した電圧 $V$ と電流 $I$ および内部インピーダンス $Z$ を用いて直接開放電圧を求め、この開放電圧の時間平均値から二次電池残量を推定する。ここで、二次電池残量は、開放電圧と電池温度と電池残量との関係を示すテーブルデータを参照して推定する。また、内部インピーダンス $Z$ は、電池温度と電池残量と内部インピーダンスとの関係を示すテーブルデータを参照して求める。また、内部インピーダンス $Z$ は、二次電池の充放電時の電流と電圧を回帰分析することにより求める。ここで、電流時間平均および電圧時間平均を行う際に、電流時間平均値 $I_{av}$ と内部インピーダンス $Z$ との積の値に応じて平均する期間を変化させる。ここで、複数の推定法で求めた二次電池残量に特定の重みを付け、新しい二次電池残量とする。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明を適用する二次電池残量推定システムを示す。図1において、10は二次電池、11は電圧検出手段、12は電流検出手段、13は温度検出手段、14は演算装置、15は記憶装置、16は上位コントローラである。電圧検出手段11はOPアンプ等を用いた電圧測定回路、電流検出手段12は電流センサ、温度検出手段13はサーモセンサ、演算装置14はマイクロコンピュータ、記憶装置15はROM、RAM等を用いて構成する。自動車の駆動するまたは駆動を補助するための二次電池10が多数個直列に接続され、多数個の二次電池10の電圧を測定する電圧検出手段11がその両端につながれている。電流検出手段12は、二次電池10から出入する電流を測定する。温度検出手段13は二次電池10につながれ、その温度を測定する。電圧検出手段11と電流検出手段12と温度検出手段13とから得られたそれぞれの電圧、電流、温度データは演算装置14に集められ、演算に必要な期間分、記憶装置15に蓄積される。蓄積された電圧データと電流データは演算装置14により時間平均値 $V_{av}$ 、 $I_{av}$ として演算される。ここで時間平均とは、ある時間内に測定したデータを加算し、加算した値をデータの個数で割ることを意味している。更に、演算装置14では、二次電池10の内部インピーダンスを $Z$ として $V_{av}$ を $I_{av}$ と $Z$ との積で補正することにより、開放電圧OCVを演算する。OCVとはOpen Circuit Voltageの略であり、電流が零の時の電圧値を意味している。そして、開放電圧OCVを求めた後、この開放電圧OCVと温度を参照して電池残量SOC (State of Charge) を推定する。また、演算装置14では、充放電電流の許容値等の演算処理、起動

してからの時間計測、各種異常を警告するフラグ等を演算し、これらの情報を上位コントローラ16に伝える。このように、本実施形態では、簡易な平均演算を基に電池残量SOCを推定することができる。

【0007】ここで、測定対象である二次電池の開放電圧と内部インピーダンスとについて一般的な説明をするため、二次電池の概略的な等価回路、測定電流、測定電圧を図2に示す。図2において、21は二次電池全体を示し、その内部の22は直流内部抵抗成分 $R$ 、23は開放電圧OCV、26は電池分極に関与するキャパシタ成分 $C_p$ 、27は電池分極に関与する抵抗成分 $R_p$ 、28は内部インピーダンスを示す。また、24は測定電流 $I$ であり、25は測定電圧 $V$ である。実際に計測装置で測定できる値は、測定電流 $I_{24}$ と測定電圧 $V_{25}$ である。測定電圧 $V_{25}$ には、開放電圧OCV23の他に、内部インピーダンス28で示される直流内部抵抗成分 $R_{22}$ 、電池分極に関与するキャパシタ成分 $C_{p26}$ 、電池分極に関与する抵抗成分 $R_{p27}$ の影響を含んでいる。内部インピーダンス28は、十分に小さい電流で充放電させる場合、内部インピーダンス間に発生する電圧を無視し、開放電圧OCV $\approx$ 測定電圧 $V$ と近似することができる。しかし、二次電池21を電気自動車等の駆動用または駆動補助用として用いる場合は、電流が大きく、内部インピーダンス間に発生する電圧を無視して開放電圧OCV $\approx$ 測定電圧 $V$ と近似することができない。したがって、上記のように開放電圧OCVを求めるには、 $V_{av}$ を $I_{av}$ と $Z$ との積で補正する必要がある、このようにして求めた開放電圧OCVを基に電池残量SOCを推定する。

【0008】図3は、本発明の二次電池残量推定法の第1の実施形態を示すフロー図である。S301は温度 $T$ を取得するステップ、S302は電流の時間平均値 $I_{av}$ を取得するステップ、S303は電圧の時間平均値 $V_{av}$ を取得するステップ、S304は温度 $T$ を基に内部インピーダンス $Z$ を取得するステップ、S305は開放電圧OCVを計算するステップ、S306は開放電圧OCVから電池残量SOCを推定するステップである。図3では、S301からS304によって得られたそれぞれの電流時間平均値 $I_{av}$ 、電圧時間平均値 $V_{av}$ 、内部インピーダンス $Z$ を用い、S305において開放電圧OCVを算出する。そして、S306においてこの開放電圧OCVと温度 $T$ を基に電池残量SOCを決定する。ここでは、電圧時間平均値 $V_{av}$ を電流時間平均値 $I_{av}$ と内部インピーダンス $Z$ との積で補正した値を開放電圧OCVとして算出する。 $I_{av}$ と $Z$ との積は、その時刻内におけるインピーダンス $Z$ 間の電圧を意味しているので、これを用いて $V_{av}$ を補正すれば、開放電圧OCVを求めることができる。

【0009】図4は、動作開始時における電池残量SOCを推定するフローを示す。S401が動作開始直後の

開放電圧OCVを求めるステップ、S402が温度Tを取得するステップ、S403が開放電圧OCVと温度Tから電池残量SOCを推定するステップである。動作開始直後は、電流が電池から流れていない状態、つまり電池が負荷につながれていない状態であり、この時の電圧は開放電圧OCVになる。また、動作開始直後は、電圧Vと電流Iのデータが一致しなく平均できないが、IとZとの積で補正をしなくても精度良く開放電圧OCVを求めることができる。

【0010】次に、あるパルス状の電流を流した時の電圧の応答変化を例に本実施形態の効果を説明する。図5は、あるパルス状の電流Iを流した時の電流Iと電池電圧Vの変化を記した図である。なお、図5の電流Iは、電池から放電される方向を正とし、充電される方向を負としている。図5において、電流Iが流れた時刻t1における同時刻の測定電圧Vは、直流内部抵抗成分Rの影響により、電流Iと直流内部抵抗成分Rの積 $I \times R$ 分だけ減少するが、時刻t1とt2の間の一定電流時においても、同時刻の電圧Vは分極の影響で徐々に減少していく。この分極電圧は、図2のキャパシタ成分Cp26と抵抗成分Rp27の影響により生じる。つまり分極電圧の大きさは、そのとき流れた電流Iによって変化し、また、その時点の残存する分極電圧によっても変化する。本実施形態で示すVav、Iavを求める際の平均時間がCpとRpの時定数よりも十分長い場合は、平均化によりCpとRpの影響による分極電圧を無視することができる。例えば、図5のt3～t5までの電圧を平均する場合を考えると、この期間では電流が正負の両方向に流れているので、分極電圧も増加、減少を繰り返している。したがって、これを平均すれば全体で分極電圧が相殺されているように見える。つまりCpとRpを無視し、直流内部抵抗成分R22の影響のみを考えて開放電圧OCVを $OCV = V_{av} + I_{av} \times R$ とすることが可能である。逆に、CpとRpの時定数よりも短い時間で平均化を行う場合は、CpとRpの影響による分極電圧を考慮するために、内部インピーダンスZを用いてVavを補正する必要がある。このように、内部インピーダンスZを用いると、その時刻における分極電圧をも考慮した計算ができる。

【0011】図6は、図5における時刻t4周辺を拡大した図である。図6では、電圧Vが電流Iに比べて数秒遅れて取得されている状態を示す。この時、開放電圧OCVを算出すると、時間的に遅れて取得した電圧VをIとZとの積で補正してしまうため、t4で開放電圧OCVが不連続となる。そして、このように測定時間差内で電流Iが変化すると、開放電圧OCVは誤った値が算出される。そこで、本実施形態では、図5におけるt3～t5の期間内の電流と電圧の平均値を用い、電流Iと電圧Vの同時性を達成する。これにより、t4の開放電圧OCVの不連続をなくすることができる。また、平均化

することで分極電圧を相殺する役目も持つ。このように本実施形態では、測定時間の不一致や分極の影響に起因する誤差を改善でき、精度の良い電池残量SOCの推定が可能になる。また、簡易な平均演算によりこれらを達成している。一方、電池残量演算に電流の積分値を使用していないので、電流積分による誤差の蓄積がないという利点も存在する。

【0012】図7は、本発明の第2の実施形態を示すフロー図である。図7において、S701は電流Iを取得するステップ、S702は電圧Vを取得するステップ、S703は温度Tを取得するステップ、S704は温度Tに基づいて内部インピーダンスZを取得するステップ、S705は一時的な開放電圧OCVtmpを求めるステップ、S706はOCVtmpの時間平均値を新規な開放電圧OCVとするステップ、S707は開放電圧OCVと温度Tから電池残量SOCを推定するステップである。図7では、第1の実施形態のフローとは異なり、実測した電流と電圧をそのまま使用して開放電圧OCVを計算した後に、平均化処理を行う。つまり、内部インピーダンスZと測定電流値Iとを用いて測定電圧値Vを補正した電圧をOCVtmpとし、このOCVtmpを時間平均した値を新規に開放電圧OCVとする。その後、開放電圧OCVを基に電池残量SOCを決定する。ここでも、ある期間の開放電圧OCVを平均値で代表することにより、その期間内部での電圧Vと電流Iの不一致や分極電圧の影響を相殺する。

【0013】図8に、電池残量SOCを決定する一例を示す。図8は、リチウムイオン電池の電池残量SOCと開放電圧OCVと温度Tとの関係を示し、この関係は、電池の劣化状態に依存しないので、温度Tと開放電圧OCVが定まれば、電池残量SOCが一意的に定まることを示している。そこで、図3または図7で求めた開放電圧OCVに基づいて図1の記憶装置15に予め上記関係つまり電池残量SOCと開放電圧OCVと温度Tの関係を示す図8のようなテーブルデータを用意しておく。次に、リチウムイオン電池の開放電圧OCVと温度Tを求めた後、記憶装置15のテーブルデータを参照して電池残量SOCを推定する。

【0014】図9に、内部インピーダンスZを求める一例を示す。図9は、電池残量SOC、温度T、内部インピーダンスZの関係を示す。図9より、内部インピーダンスZは電池残量SOCによっても若干変化するが、大きくは温度に依存することが分かる。また、内部インピーダンスZは電池残量SOCによる依存性が低く、内部インピーダンスZを計算する際に、前回に測定された電池残量SOCを使用しても誤差が小さい。そこで、図1の記憶装置15に予め上記関係つまり電池残量SOC、温度T、内部インピーダンスZの関係を示す図9のようなテーブルデータを用意しておく。次に、温度Tと前回測定された電池残量SOCから記憶装置15のテーブル

データを参照して内部インピーダンス $Z$ を求める。この内部インピーダンス $Z$ を図3、図7のフローの $Z$ の取得に適用し、今回測定される電池残量SOCを推定する。

【0015】図10に、内部インピーダンス $Z$ を求める他の例を示す。図10では、図1の電圧検出手段11によって得られた測定電圧 $V$ と電流検出手段12によって得られた測定電流 $I$ を測定した毎に測定点としてプロットする。プロットした各点に対して誤差が最小となるように近似直線を引き、その傾きから内部インピーダンス $Z$ の大きさを、電圧軸 $V$ の切片から開放電圧OCVをそれぞれ算出する。この方法を二次電池の充放電時の電流と電圧の回帰分析と呼ぶことにする。そこで、内部インピーダンス $Z$ の大きさを上記回帰分析で求め、この内部インピーダンス $Z$ を図3、図7のフローの $Z$ の取得に適用し、電池残量SOCを推定する。この回帰分析は、内部インピーダンス $Z$ の大きさの変化を通して二次電池の劣化状態を把握するのに有効である。

【0016】図11は、本発明の第3の実施形態を示すフロー図である。図11において、S1101は温度 $T$ を取得するステップ、S1102は前回の電池残量SOCと温度 $T$ から内部インピーダンス $Z$ を図9のようにテーブル参照するステップ、S1103は電流時間平均値 $I_{av}$ を求めるステップ、S1104は $|I_{av} \times Z|$ の大きさに最適な平均時間 $t_{av}$ を計算するステップ、S1105は平均時間 $t_{av}$ で電流平均 $I_{av}$ を再計算するステップ、S1106は平均時間 $t_{av}$ の時間で電圧平均 $V_{av}$ を計算するステップ、S1107は $V_{av}$ を $I_{av}$ と $Z$ との積により補正して開放電圧OCVを計算するステップ、S1108は開放電圧OCV、温度 $T$ から電池残量SOCを図8のようにテーブル参照するステップである。ところで、本発明の第1の実施形態の演算方法において電池残量SOCの推定誤差が発生しやすい状況は、開放電圧OCVを求める際に補正する $I_{av}$ と $Z$ との積が大きくなるときである。何故なら、 $I_{av}$ と $Z$ との積が小さいときは電圧時間平均値 $V_{av}$ が開放電圧OCVに近づく。もし電流時間平均値 $I_{av} = 0$ であるならば、 $I_{av}$ と $Z$ との積の補正項が0であるので、開放電圧OCV $=V_{av}$ となり、このとき開放電圧OCV演算の誤差が最も少ない。言い換えれば、 $I_{av}$ と $Z$ との積が大きい時は開放電圧OCVと $V_{av}$ の差が大きいので、これを $I_{av}$ と $Z$ との積で補正すると、 $I_{av}$ と $Z$ との積に含まれている誤差の影響を受けやすい。そこで、 $I_{av}$ と $Z$ の項が大きいとき、つまり $I_{av}$ または $Z$ が大きい場合においては、電圧 $V$ と電流 $I$ の時間平均秒数を増やすことにより、誤差を低減する。図11では、S1101からS1103で $I_{av}$ と $Z$ を取得した後S1104で $I_{av}$ と $Z$ との積の大きさにより平均する秒数を最適化する。また、S1105において、 $I_{av}$ と $Z$ との積の大きさに応じて最適な平均時間 $t_{av}$ を計算した後、S1106とS1107でこの $t_{av}$

$v$ の時間分 $I_{av}$ と $V_{av}$ の平均値を計する。このように、 $I_{av}$ と $Z$ との積の大きさによって平均する時間を変化させることにより、開放電圧OCVの誤差を低減することが可能であり、より精度よく電池残量SOCを推定することができる。

【0017】図12は、本発明の第4の実施形態を示すフロー図である。S1201は温度 $T$ を取得するステップ、S1202は電流時間平均値 $I_{av}$ を取得するステップ、S1203は電圧時間平均値 $V_{av}$ を取得するステップ、S1204は前回の電池残量SOCと温度 $T$ から内部インピーダンス $Z$ を参照するステップ、S1205は開放電圧OCVを求めるステップ、S1206は開放電圧OCVと温度 $T$ から第一の残量SOC $IR$ を取得するステップ、S1207は別の残量推定法により求めた第二の残量SOC $oth$ を取得するステップ、S1208は測定誤差による重み付け定数 $k$  ( $0 \leq k \leq 1$ )を設定するステップ、S1209は電池残量SOCをSOC $=k \times SOCIR + (1-k) SOCoth$ として求めるステップである。図12では、S1206において第1の実施形態で示した残量推定法を用いて求めた電池残量を第一の残量SOC $IR$ とする。次に、S1207においてその他別の方法で求めた電池残量を第二の電池残量SOC $oth$ として取得する。また、S1208においてこの二つの電池残量SOC $IR$ とSOC $oth$ との誤差要因を考慮した重み定数 $k$  ( $0 \leq k \leq 1$ )を設定する。例えば、第二の電池残量SOC $oth$ の誤差が多く含まれて計算されるような条件の場合は $k$ を大きく設定する。次に、S1209において新たな電池残量SOCをSOC $=k \times SOCIR + (1-k) SOCoth$ として計算する。このように、第二の電池残量SOC $oth$ で得られた結果に誤差が多く含まれるような条件の時には、重み付け定数 $k$ を大きい値に設定すると、計算式の第一項の $k \times SOCIR$ が大きくなり、第二項 $(1-k) \times SOCoth$ が小さくなるので、第一の電池残量SOC $IR$ に重みを置いた新規な電池残量SOC $IR$ が求められる。このようにして新たに求める電池残量SOCの推定誤差を低減することができる。

【0018】図13は、本発明の第5の実施形態を示すフロー図である。S1301は第一の残量SOC $IR$ を取得するステップ、S1302は二次電池の充放電電流を時間積分して求めた電流積算 $I$ の計算による電池残量SOC $I$ を取得するステップ、S1303は $I_{av}$ と $Z$ との積の絶対値を定数 $A$ で割った値を $k$ とするステップ、S1304は $k$ が定数 $B$ より小さいかの判定をするステップ、S1305は電流積算値 $I$ をリセットするステップ、S1306は $k=0$ にするステップ、S1307は $k$ が1より大きいかを判定するステップ、S1308は $k=1$ に設定するステップ、S1309は二種類の電池残量から新たなSOCを推定するステップである。まず、S1301で本発明の第1および第2の実施

形態で求められる電池残量SOCを第一の残量SOC I Rとして取得する。次に、S1302で図1の電流検出手段12により得られる電流値を時間積分し、この時間積分した値と二次電池の全残量との割合を計算して求められる電池残量を第二の残量SOC Iとして取得する。S1303では第一の電池残量SOC I Rの誤差要因I a vとZとの積の絶対値を一定値Aで除算した値を重み付け係数kと設定し、S1304で重み付け定数kがある一定値B以下の時はS1306においてkを0に設定する。このときS1309の式第2項目から分かるように第二の残量SOC Iの項は0となる。そして、このときS1305で電流積算値Iを0にして電流値積算による蓄積誤差をリセットしている。また、S1307とS1308では、kが1以上のとき、つまりI a vとZとの積の絶対値が一定値A以上のときにはkを1に固定する。このときS1309の計算式において第一の残量SOC I Rの項は0になる。つまり、誤差要因I a vとZとの積の絶対値によって第一の残量SOC I Rと第二の残量SOC Iの重み定数kを設定する。この誤差要因I a vとZとの積の絶対値が大きくなるような時はkを大きくし、第一の残量SOC I Rの重みを下げる。I a vとZとの積の絶対値が定数Aより大きくなると、第二の残量SOC Iの項のみの影響を受ける。逆に誤差要因I a vとZとの積の絶対値が小さいときはkを小さくして、第一の残量SOC I Rの重みを上げ、第二残量SOC Iの重みを下げる。I a vとZとの積の絶対値が定数B以下になると、第一の残量SOC I Rの影響のみを受ける。このとき、電流積算値Iをリセットし、積算による誤差を低減する。

【0019】なお、図12の第4の実施形態における第二の残量SOC o t hの取得として、図10で示すような測定電圧Vと測定電流Iとを測定毎にプロットして回帰分析した開放電圧OCVを求め、この開放電圧OCVを基に電池残量SOCを推定する方法を用いることも可能である。また、図12の第4の実施形態では2つの異なる電池残量推定方法による重み付けを行なったが、3種類以上の電池残量推定方法を用いてそれぞれの誤差を考慮しながら重み付けを行なってもよい。つまり、第1から第4の実施形態で求まる電池残量と電流積算によって求まる電池残量と回帰分析によって求まる電池残量との3種類の電池残量を測定誤差が最小になるような条件

で重み付けをした値を新規な電池残量SOCとしてもよい。この場合、複数の誤差要因が考えられるため、重み付けの方法は複数案考えられる。例えば、電流積算による残量推定の場合、電流積算を長時間するほど誤差が蓄積するので、積算時間が長い程この重みを小さくする等が挙げられる。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、測定時刻の不一致や分極電圧に起因する誤差を改善でき、精度の良い残量推定が可能となる。また、簡易な平均演算により精度の良い残量推定を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用する二次電池残量推定システム図

【図2】二次電池の概略的な等価回路、測定電流、測定電圧を示す図

【図3】本発明の二次電池残量推定法の第1の実施形態を示すフロー図

【図4】動作開始時における電池残量を推定するフロー図

【図5】パルス状の電流を流した時の電圧の応答変化を示す図

【図6】図5における時刻t4周辺を拡大した図

【図7】本発明の第2の実施形態を示すフロー図

【図8】リチウムイオン電池の電池残量と開放電圧と温度との関係を示す図

【図9】電池残量、温度、内部インピーダンスの関係を示す図

【図10】I Vプロットを示す図

【図11】本発明の第3の実施形態を示すフロー図

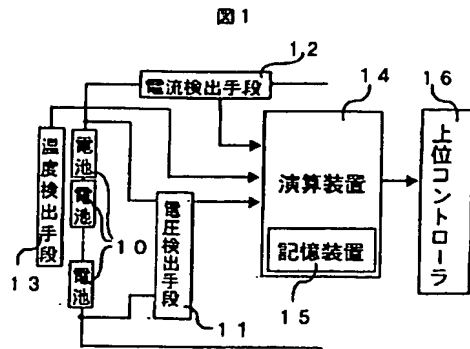
【図12】本発明の第4の実施形態を示すフロー図

【図13】本発明の第5の実施形態を示すフロー図

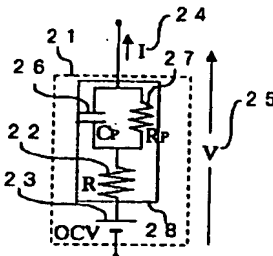
【符号の説明】

10…二次電池、11…電圧検出手段、12…電流検出手段、13…温度検出手段、14…演算装置、15…記憶装置、16…上位コントローラ、21…二次電池内部、22…直流内部抵抗成分、23…開放電圧、24…測定電流、25…測定電圧、26…電池分極に関するキャパシタ成分、27…電池分極に関する抵抗成分、28…内部インピーダンス

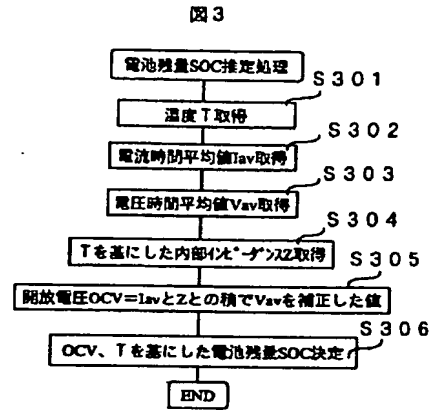
【図1】



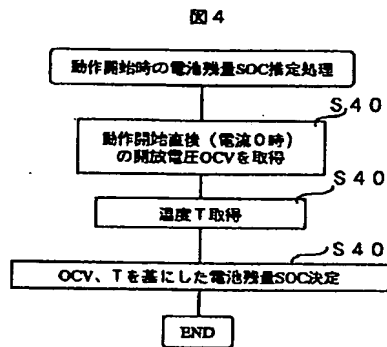
【図2】



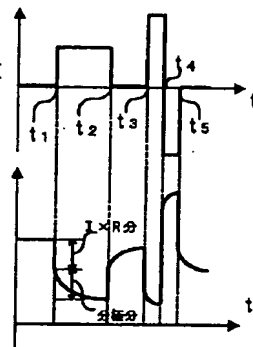
【図3】



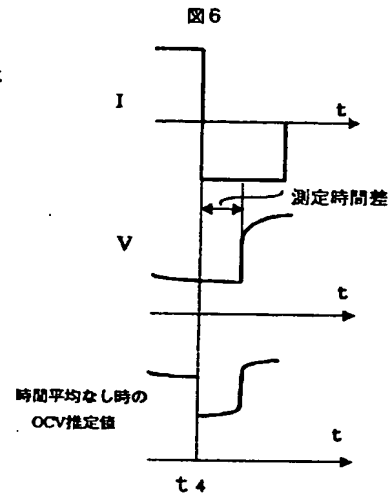
【図4】



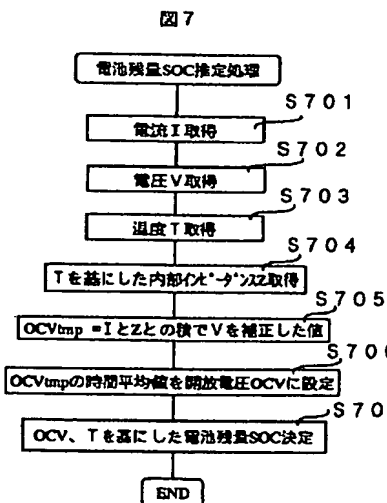
【図5】



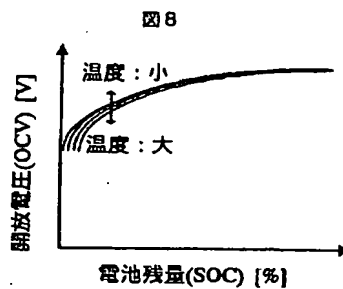
【図6】



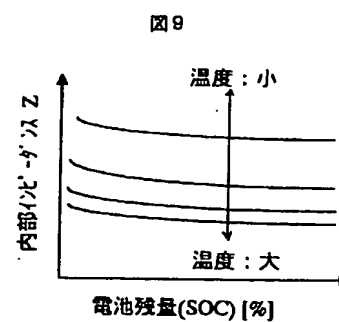
【図7】



【図8】

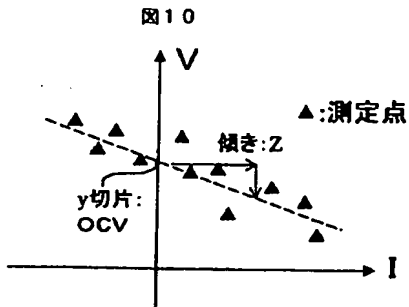


【図9】

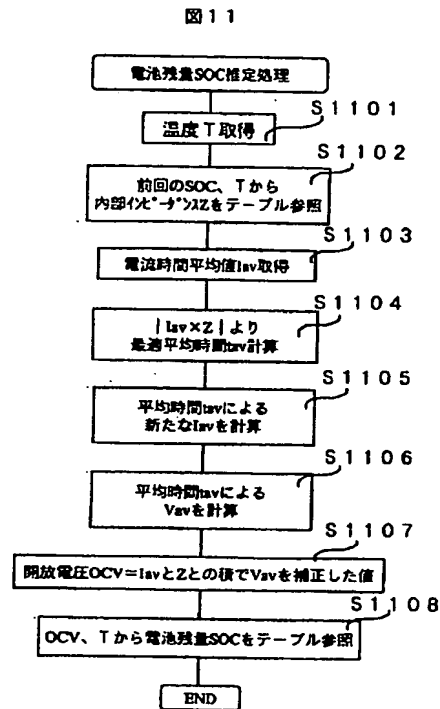




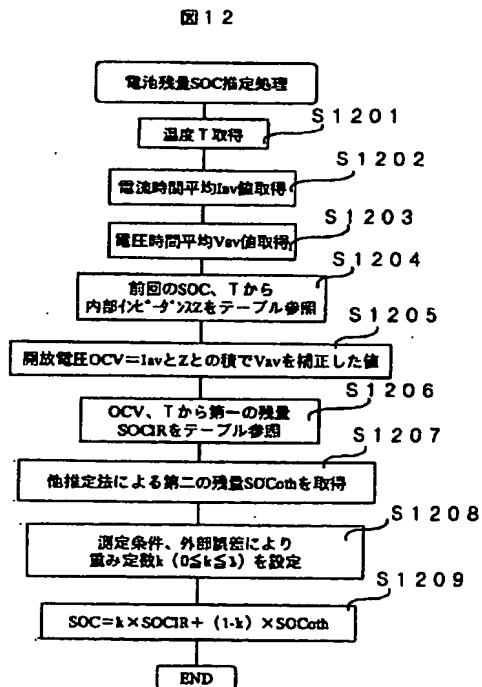
【図10】



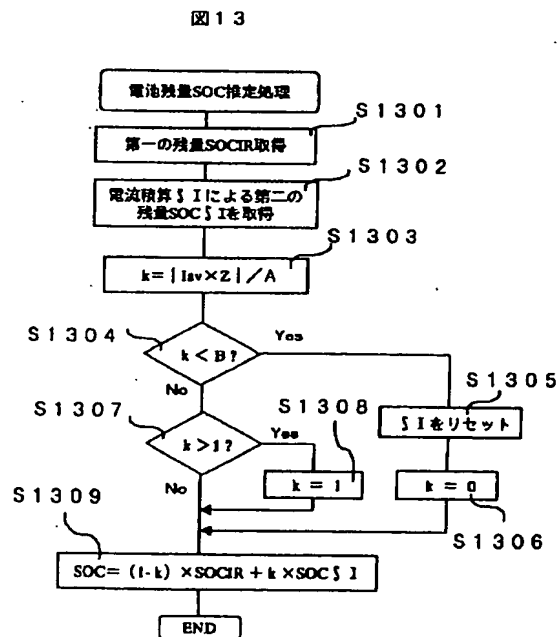
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 江守 昭彦

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 宮崎 英樹

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 木下 拓哉

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 2G016 CB00 CB01 CB22 CC03 CC04

CC13 CC27 CC28

5H030 AA00 AS20 FF22 FF43 FF44

FF52